

08-255448

01.10.1996

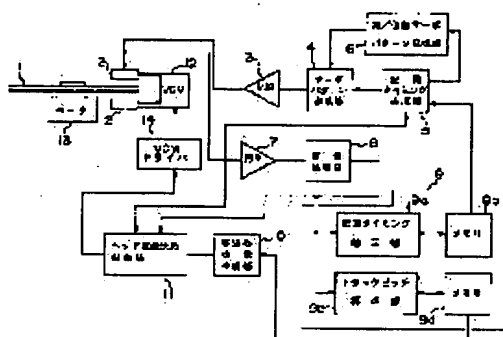
G11B 21/10
G11B 19/02
G11B 19/06
G11B 19/28

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(72)Inventor : SHIMOMURA KAZUTO

(57)Abstract:

CONSTITUTION: Servo information necessary for the positioning control of a head 2 is written into a servo area on a disc 1 by a self servo writing system. This apparatus has a calculating section 9c which calculates a head feed positioning pitch value utilizing preservio information recorded previously on the disc 1 and writing servo information writing control means 3-6 which position the head 2 at a specified position of a data area utilizing the head feed positioning pitch value to write virtual servo information and controls the positioning of the head 2 in a servo area based on the virtual servo information to write the servo information.



04.11.1999

[Date of extinction of right]

(43)公開日 平成8年(1996)10月1日

| (51)Int.Cl. ⁵ | | 識別記号 | 庁内整理番号 | F I | 技術表示箇所 |
|--------------------------|-------|-------|---------|---------------|---------|
| G 1 1 B | 21/10 | | 8425-5D | G 1 1 B 21/10 | W |
| | 19/02 | 5 0 1 | | 19/02 | 5 0 1 K |
| | 19/06 | 5 0 1 | | 19/06 | 5 0 1 C |
| | 19/28 | | | 19/28 | B |

審査請求 未請求 請求項の数5 O.L (全 15 頁)

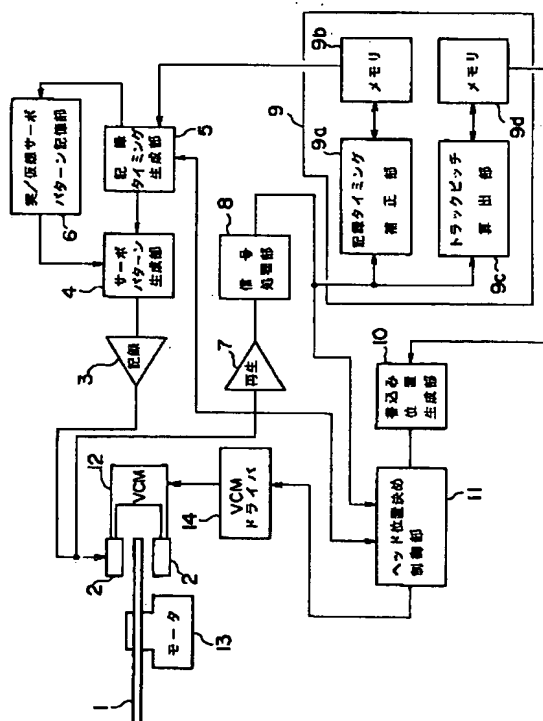
| | | | |
|----------|-----------------|---------|--|
| (21)出願番号 | 特願平7-59495 | (71)出願人 | 000003078 株式会社東芝 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地 |
| (22)出願日 | 平成7年(1995)3月17日 | (72)発明者 | 下村 和人 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株 式会社東芝研究開発センター内 |
| | | (74)代理人 | 弁理士 鈴江 武彦 |

(54)【発明の名称】 ディスク記録再生装置及びそのセルフサーボライト方法

(57) 【要約】

【目的】外部のサーボライタを使用した場合の問題点を解消し、特別のサーボ情報書込み環境を確保することなく、高密度かつ高品質のサーボ情報を効率的にディスクに記録することができるディスク記録再生装置を提供することにある。

【構成】ヘッド 2 の位置決め制御に必要なサーボ情報をセルフサーボライト方式によりディスク 1 上のサーボエリアに書込むディスク記録再生装置である。本装置はディスク 1 上に予め記録されたプリサーボ情報を利用してヘッド送り位置決めピッチ量を算出する算出部 9 c およびヘッド送り位置決めピッチ量を利用してヘッド 2 をデータエリアの所定位置に位置決めして仮想サーボ情報を書込み、この仮想サーボ情報に基づいてヘッド 2 をサーボエリアに位置決め制御してサーボ情報を書込むサーボ情報書込み制御手段 3 ～ 6 を有する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ディスク記録媒体上の所定エリアに予め記録されたサーボ情報に基づいて、ヘッドを前記ディスク記録媒体上の目標位置に位置決め制御し、前記ヘッドにより前記目標位置に対してデータの記録再生を実行するディスク記録再生装置において、
前記ディスク記録媒体上の所定の位置に予め記録されたプリサーボ情報を利用してヘッド送り位置決めピッチ量を算出する算出手段と、
前記ヘッド送り位置決めピッチ量を利用して前記ヘッドを所定位置に位置決めして仮想サーボ情報を書込み、この仮想サーボ情報に基づいて前記ヘッドを位置決め制御して前記サーボ情報を前記所定エリアに書込むように制御するサーボ情報書込み制御手段とを具備したことを特徴とするディスク記録再生装置。

【請求項 2】 ディスク記録媒体上のサーボエリアに予め記録されたサーボ情報に基づいて、ヘッドを前記ディスク記録媒体上の目標位置に位置決め制御し、前記ヘッドにより前記目標位置のデータエリアに対してデータの記録再生を実行するディスク記録再生装置において、
前記ディスク記録媒体上の所定の位置に予め記録されたプリサーボ情報を利用してヘッド送り位置決めピッチ量を算出する算出手段と、
前記ヘッド送り位置決めピッチ量を利用して前記ヘッドを前記データエリアの所定位置に位置決めして仮想サーボ情報を書込み、この仮想サーボ情報に基づいて前記ヘッドを前記サーボエリアに位置決め制御して、前記仮想サーボ情報の再生信号から得られる書込みタイミングに同期して前記サーボ情報を前記サーボエリアに書込み、以後前記仮想サーボ情報と前記サーボ情報に基づいて次の仮想サーボ情報とサーボ情報を書込むことを繰り返すように制御するサーボ情報書込み制御手段とを具備したことを特徴とするディスク記録再生装置。

【請求項 3】 前記プリサーボ情報は少なくとも前記ディスク記録媒体の回転非同期振動周波数を吸収するサンプリング周波数を有し、かつ前記ヘッド送り位置決めピッチ量を決定するために前記ヘッドの位置決め制御用のバーストパターンを含むことを特徴とする請求項 1 記載のディスク記録再生装置。

【請求項 4】 前記書込みタイミングは、前記ヘッドの位置決め制御の位置で前記プリサーボ情報から得られる書込みタイミング補正量により補正されるときを特徴とする請求項 2 記載のディスク記録再生装置。

【請求項 5】 ディスク記録媒体上において通常のデータの記録再生を実行しないエリアに予め記録されたプリサーボ情報に基づいてヘッドの位置決め制御を実行し、前記ディスク記録媒体上のサーボエリアにサーボ情報を書込むセルフサーボライト機能を備えたディスク記録再生装置において、
前記プリサーボ情報を利用してヘッド送り位置決めピッ

チ量を算出するステップと、

前記ヘッド送り位置決めピッチ量を利用して前記ヘッドを前記データエリアの所定位置に位置決めして仮想サーボ情報を書込むステップと、

書込まれた前記仮想サーボ情報に基づいて前記ヘッドを前記サーボエリアに位置決め制御して、前記仮想サーボ情報の再生信号から得られる書込みタイミングに同期して前記サーボ情報を前記サーボエリアに書込むステップと、

書込まれた前記仮想サーボ情報と前記サーボ情報に基づいて次の仮想サーボ情報とサーボ情報を書込む動作を繰り返すステップとからなることを特徴とするセルフサーボライト方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、特にディスク上に記録したサーボ情報に基づいて、データの記録再生を行なうヘッドをディスク上目標位置に位置決め制御するセクタサーボ方式のディスク記録再生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、特に小型のハードディスク装置（HDD）では、ディスク上にサーボ情報を記録したサーボエリア（サーボセクタ）が所定の間隔で配置されている。データのアクセス時には、ヘッドによりサーボ情報が再生されて、このサーボ情報に基づいてヘッドが目標位置（目標トラック）に位置決め制御される。

【0003】 ところで、サーボ情報は、HDDの組立て工程時に、サーボ情報書込み専用装置（サーボライター）により、ディスク上の所定エリアに書込まれる。サーボライターは、図 14（A）に示すように、HDDの筐体 20 を固定するための図示しないクランプと、基準信号用固定ヘッド 21 と、ヘッド 2 を任意の位置に移動させるための駆動板 22 と、この駆動板 22 とキャリッジアーム 23 とを接触させるための駆動ピン 24 とを有する。さらに、駆動板 22 を駆動させるためのステップモータ 26 と、このステップモータ 26 より発生した直線変位を回転変位に変換するためのラックピニオン 27 と、駆動板 22 が駆動された時の移動量を検出するためのエンコーダ 28 と、スピンドルモータ 13、ボイスコイルモータ（VCM）12、及びヘッドアンプ 29 をそれぞれ動作させる信号を磁気ディスク装置との間で送受するためのケーブル 30 と、図示しない駆動系制御回路及びサーボ情報の記録再生系制御回路から構成されている。

【0004】 前記の駆動板 22、ラックピニオン 27、及びエンコーダ 28 の回転中心は、キャリッジアーム 23 の回転中心に一致する様に、HDDを図示しないクランプ上に正確に固定している。基準信号用固定ヘッド 21 は、ディスク 1 のデータエリア以外の任意の位置に位置決めされるように HDD の外部に固定されている。

【0005】 駆動ピン 24 は、キャリッジアーム 23 の

一部と線接触しており、駆動板22を駆動することにより、HDD本体のヘッド2をディスク1上の任意の位置に自由に移動させることができる。

【0006】駆動ピン24は、図14(C)に示すHDDのトップカバー34を解放した状態で、または、トップカバー34の一部に設けた切り欠き窓35から挿入した状態で、任意のディスク1に対面するヘッドを支持するキャリッジアーム23の一部に接触する。

【0007】図14(B)はキャリッジアーム23と、駆動ピン24との位置関係を示した部分拡大図である。駆動ピン24とキャリッジアーム23との接触位置の決定に際しては、ヘッド2をディスク1上の任意の位置に高精度に位置決めする必要がある。このため、ヘッド2、サスペンション25、及びキャリッジアーム23の中で、最も剛性の高いキャリッジアーム23の部分で、ヘッド2の先端からの位置ずれ量が最小になるような接触位置が選択される。

【0008】図14(C)は、HDDの一部に切り欠き窓35を設け、その切り欠き窓35より駆動ピン24、基準信号用固定ヘッド21を挿入する従来型のサーボライタを使用する場合のHDDの外観図である。

【0009】ここで、図14(C)に示すように、トップカバー34の上部には駆動ピン24の挿入窓35と側面部には基準信号用固定ヘッド21の挿入窓36が形成されている。即ち、従来型のサーボライタを使用する方式では、HDDの筐体部分の所定位置に、前記の切り欠き窓部を形成する必要がある。このため、これらの切り欠き窓部は、HDDの筐体の剛性劣化や筐体内部への粉塵混入の要因の一つになっている。

【0010】次に、従来のサーボライタを使用したサーボ情報の書き込み方法について、図14と図15を参照して説明する。まず、ケーブル30を介して電源が投入されて、HDDのスピンドルモータ13、ヘッドアンプ29及びVCM12に電流が供給される。このVCM12の駆動により、キャリッジアーム23を駆動してヘッド2を、ディスク1の内周方向に移動させる向きに力を発生させる。

【0011】一方、基準信号用固定ヘッド21により、図示しない基準信号発生回路から発生した基準信号SCを、HDDの仕様に基づき設計された数だけディスク1上に書き込む。基準信号用固定ヘッド21は、ディスク1のデータエリアを外れた外周側の任意の位置に配置される。このとき、基準信号SCの個数を合わせるだけでなく、個々の基準信号SCの位相及び基準信号SCの書き始めと書き終りの位相が一致するまで書き続ける。

【0012】次に、ステップモータ28を駆動し、ラックピニオン27でキャリッジアーム23を移動させ、ヘッド2をデータエリアの最外周のトラック上に位置決めする。この時の位置をエンコーダ28でモニターし、ヘッド2が所定の位置に位置決めされるように、図示しな

い駆動制御回路により駆動系の制御が行われる。

【0013】次に、図15に示すように、ヘッド2の位置決めが終了した時、基準信号用固定ヘッド21により読み込まれた基準信号SCは、図示しないインデックス信号を基準にアドレスカウンタ37でカウントされ、図示しないホストコンピュータから予めサーボ情報が記憶されているパターンメモリ38のアドレスコードへ変換され、パターンメモリ38上の該当するアドレスを選択する。

【0014】パターンメモリ38より読出されたサーボ情報SDがディスク1に書込まれて、1セクタSSが形成される。このような処理を一連のサーボ情報書き込み操作を必要なトラック分繰り返すことにより、ディスク1のサーボ情報SDの書き込みが終了する。

【0015】このようなサーボ情報の書き込み方式では、1台のHDDのサーボ情報SDの書き込みを終了するためには、1台のサーボライタが占有される。したがって、複数台のHDDのサーボ情報SDの書き込み処理を同時に行うには、複数台のサーボライタを要するか、あるいは一台ずつ複数台分の時間をかけてサーボ情報を書き込まねばならない。このため、非常に生産性が悪く、かつ前述のHDDの一部に設けた切り欠き窓や、あるいはトップカバーを解放することによる粉塵の混入を避けるため非常にクリーンな環境が必要になる。

【0016】さらに、ステップモータ26、ラックピニオン27が駆動することにより発生する励振力が、駆動ピン24とキャリッジアーム23との接触位置から、ヘッド2の挙動に影響を与える。また、スピンドルモータ26が回転することにより発生する回転振動成分も、ヘッド2の挙動に影響を与える。

【0017】この結果、サーボライタの書き込み時の振動成分が、ヘッド2を介してサーボ情報SDに記録されることがある。このような振動成分を含むサーボ情報を使用して、ヘッド位置決め制御を行なうHDDにおいては、その位置決め精度を劣化させる要因となる。

【0018】これは、ヘッド2を位置決めする駆動ピン24がキャリッジアーム23に接触しているだけで、ディスク1に直接サーボ情報SDを書込むヘッド2の挙動を制御できないことによる。さらに、サーボライタの剛性を無限大に大きくすることができないこと、サーボライタにHDDを固定した場合に、HDD個々の特性のばらつきとサーボライタとの相性に起因する。これは、例えばサーボライタ単体を高剛性にしても、また、HDD筐体単体を高剛性にしても、サーボライタを使用してディスク1にサーボ情報を書き込むといった従来型のサーボ情報書き込み方式を採用している限り避けることができない問題である。

【0019】これらのことから、従来型のサーボライタを使用したサーボ情報書き込み方式では、HDDのトラック密度が高密度化するほど、サーボ情報のトラックピッ

チに対するサーボ情報書き込み精度が劣化するとともに、サーボ情報書き込み時間が増大する。このため、HDDの高密度化に非常に悪影響を与えることになる。さらに、サーボライタを設置する場所は、周囲がクリーンで静かな環境にする必要もあり、HDDの生産性の向上に対しても非常に大きな障害となる。

【0020】特に最近では、小型のHDDの大容量化の要望に応えるべく、トラック密度の向上が図れており、そのうえ製品寿命も短くなってきている。これに伴って、高品質なサーボ情報を書き込むことが可能なサーボライタを開発する必要がある。

【0021】この場合、サーボライタ自身による起振源や、ヘッド位置決め制御部の位置決め精度、ヘッド位置決め制御部とHDD本体との相互作用により発生する励振力等により、トラック密度の高密度化を行う際、上記の影響力はトラックピッチに対し大きくなり、サーボ情報の品質を著しく低下させるばかりか、サーボ情報の書き込みを施行する環境まで十分に考慮する必要がある。

【0022】前述したように、高生産性があり、高トラック密度化を目指すHDDにおいては、ディスクに如何にして、効率的にかつ高精度にサーボ情報を書き込むかが非常に重要な問題となる。

【0023】

【発明が解決しようとする課題】前述のようにHDDでは、従来のサーボライタを使用してサーボ情報を書き込む場合、サーボライタ自身が起振源となる振動成分や、サーボライタのヘッド位置決め制御部の位置決め精度、HDDのスピンダルモータが回転することにより発生する回転振動成分、およびスピンダルモータの回転による励振力がHDD本体の筐体を揺さぶることにより発生する振動成分等が、ディスク上に書き込むサーボ情報の品質を著しく劣化させ、トラックピッチの高密度化を妨げてきた。

【0024】また、高精度な位置決め制御機構を設け、起振源の少ない高剛性なサーボライタを開発することは非常にコストを要し、またHDDの機種ごとにサーボライタを開発しなければならず、サーボ情報の書き込みを行う環境までも開発していく必要があるため生産性が非常に悪い。

【0025】本発明の目的は、前述したように外部のサーボライタを使用した場合の問題点を解消し、特別のサーボ情報書き込み環境を確保することなく、高密度かつ高品質のサーボ情報を効率的にディスクに記録することができるディスク記録再生装置を提供することにある。

【0026】

【課題を解決するための手段】本発明は、ヘッドの位置決め制御に必要なサーボ情報を、セルフサーボライタ方式によりディスク上のサーボエリアに書き込むディスク記録再生装置である。本装置は、ディスク上の例えば最外周側に予め記録されたプリサーボ情報を利用してヘッド

送り位置決めピッチ量を算出する算出手段およびヘッド送り位置決めピッチ量を利用してヘッドをデータエリアの所定位置に位置決めして仮想サーボ情報を書き込み、この仮想サーボ情報に基づいてヘッドをサーボエリアに位置決め制御してサーボ情報を書き込み、以後この仮想サーボ情報と前記サーボ情報に基づいて次の仮想サーボ情報とサーボ情報を書き込むように制御するサーボ情報書き込み制御手段を有する。

【0027】また、本発明は、ディスク記録再生装置仕様のトラックピッチ間隔で、ディスクを回転させるスピンドルモータの回転非同期振動成分 σ_{nrro} 、その他サーボ情報書き込み時に発生する振動成分 σ_{etc} の2乗和より小さな振動成分しかないプリサーボ情報を予め記録したディスクを使用する。このプリサーボ情報を用いて位置決め制御しながら、ヘッドの送り位置決めピッチ量とサーボ情報の書き込みタイミング補正量を算出し、装置仕様の位置決め精度以上の位置決め精度 δ_{sv} で送り位置決めし、前記 σ_{nrro} 、 σ_{etc} を充分抑圧し、トラックピッチ T_p は $T_p \pm 3\delta_{sv}$ 以下を確保しながら、サーボ情報をディスク上のサーボエリアに書き込む。

【0028】さらに、本発明は、サーボ情報が記録されていると共にサーボ情報以外の情報が記録または再生される少なくとも1枚以上の磁気ディスクと、前記磁気ディスクに記録されたサーボ情報を読み取り、情報を記録または再生する磁気ヘッドを備えたセクタサーボ方式の磁気ディスク装置において、前記1枚以上の磁気ディスクは、磁気ディスクの一部に、磁気ディスク装置が仕様時において、磁気ヘッドを位置決めするのに必要なサンプリング周波数 F_{sr} 以上のサンプリング周波数 F_{pp} で、前記磁気ヘッドを位置決め可能な、前記磁気ヘッドが磁気結合的に再生可能なプリサーボ情報であって、前記磁気ディスク装置のスピンダルモータの回転により発生する非同期振動成分 σ_{nrro} 、磁気ディスク装置の位置決め制御時に発生する振動成分 σ_{sr} の2乗和より小さな振動成分を持ち、前記磁気ディスク装置の仕様におけるトラックピッチ間隔で、磁気ディスク装置仕様のトラック数の10分の1以下のトラック数分のプリサーボ情報を持つ磁気ディスクを組み込み、前記プリサーボ情報を利用して送り位置決めピッチ量算出手段、サーボ情報書き込みタイミング補正量算出手段を介し、送り位置決めピッチ量、書き込みタイミング補正量を取得し、前記磁気ヘッドにより書き込まれた仮想サーボ情報を参照し、送り位置決めピッチ間隔で送り位置決めしながら、前記位置決めにおいて得られる再生信号から書き込みタイミング生成手段を介して得られる書き込みタイミングで、前記位置決め位置において、新たなサーボ情報、及び、仮想サーボ情報を書き込む。この仮定を繰り返すことにより磁気ディスク装置仕様のトラックピッチ T_p に仮想位置決め誤差 δ_{sv} を加えた $T_p \pm 3\delta_{sv}$

以下の精度でディスク全面のサーボ情報を書き込むことを特徴とするセルフサーボライト型磁気ディスク装置である。この場合、従来のサーボライタで書き込んだ場合のトラックピッチの位置決め誤差を δcv とすると、

「 $\delta cv > \delta sv$ 」の関係を満足する。

【0029】前記送り位置決め制御は、前記送り位置決め位置でのS/Nを改善するS/N改善係数Kと、磁気ディスク装置を実使用する上で発生する振動成分を十分抑圧可能なサンプリング周波数Fs以上を実現する位置決め情報量M1との積である「 $K \times M1$ 」個であって、前記位置決め制御の前段階にて書き込まれた仮想サーボ情報を参照し、前記プリサーボ情報を元に送り位置決めピッチ量算出手段にて算出された前記送り位置決めピッチが確保できる位置にて位置決め制御を行い、次のサーボトラックの磁気ディスク装置の仕様に必要なサーボ情報を書き込み、あるいはオーバーライトするように前記仮想位置決め情報を書き込む。

【0030】

【作用】本発明では、セルフサーボライト機能を実現したことにより、サーボ情報書き込み時にクリーンで静粛な環境が不要になる。また、ディスク記録再生装置のそれぞれでサーボ情報を書き込むことが可能になるため、高品質高剛性で高価なサーボ情報書き込み用のサーボライタが不要になる。この結果、サーボ情報の書き込み工程に要する時間が飛躍的に短縮されるとともに、従来のサーボライタによる起振源を皆無にすることが可能となる。さらに、サーボライタとディスク記録再生装置相互間に発生される励振力も存在しなくなるため、サーボ情報に含まれる振動成分を大幅に抑制できることになり、結果的に高品質なサーボ情報を得ることが可能となる。

【0031】さらに、サーボ情報の書き込み時における位置決め制御は、仮想サーボ情報を参照しながら実行するため、通常のサーボ帯域よりもはるかに高帯域サーボ情報によりヘッドを位置決めすることが可能となる。この結果として、ヘッドがスピンドルモータの回転振動成分や、ディスク記録再生装置のセルフサーボライト時の環境の振動成分を十分抑制することが可能となる。したがって、前記のような高品質なサーボ情報を得ることが可能となる。

【0032】また、専用のサーボライタを特に必要としないため、外部から基準信号用固定ヘッドの挿入の必要もなく、サーボライタの位置決め駆動系を本装置のアクチュエータ系に接触させる必要性がないため、トップカバーの解放や、筐体部の切り欠き部が不要となる。これにより、結果的に装置内部への粉塵の混入過程が発生しないため、サーボ情報書き込み時の環境を特に考慮する必要がない。

【0033】さらに、セルフサーボライト方式により、サーボ情報書き込み専用装置の開発コストを不要にすることができるため、結果として生産コストの低減を

図ることができる。

【0034】

【実施例】以下図面を参照して本発明の実施例を説明する。図1は本実施例に係わるディスク記録再生装置の要部を示すブロック図、図2は本実施例に係わるHDDの外観を示す斜視図である。

（HDDの構成）本実施例は、セクタサーボ方式のHDDを想定しており、特にセルフサーボライト機能を備えたHDDに係わる。

【0035】本実施例のHDDは、図1に示すように、自身でディスク1上にサーボ情報を書き込むセルフサーボライト機能を実行する各構成要素を備えている。なお、本実施例では、通常データ記録再生機能に必要な各構成要素については説明を省略する。

【0036】まず、本実施例のHDDの外観は、図2

(A)に示すように、記録媒体であるディスク1、スピンドルモータ13、ヘッド位置決め制御機構を構成するVCM12、およびヘッドアンプ（記録アンプ3と再生アンプ7）を備えており、通常のHDDとほぼ同様である。

【0037】通常のHDDとの相違点は、図2(B)に示すように、サーボライタ用の切り欠き窓がないトップカバー21である。即ち、本実施例のHDDは、従来型のサーボライタを必要としないため、サーボライタの駆動ピンや基準信号用ヘッドのための切り欠き窓が形成されていない。また、別の相違点は、図2(A)に示すように、後述するプリサーボ情報PSが予めディスク1に記録されている。

【0038】次に、セルフサーボライト機能の各構成要素について、図1を参照して説明する。即ち、セルフサーボライト機能は、サーボパターン生成部4、記録タイミング生成部5、実/仮想サーボパターン記憶部6、学習記憶部9、および書き込み位置生成部10の各要素からなる。学習記憶部9は、記録タイミング補正部9a、トラックピッチ算出部9c、およびメモリ9b、9dを有する。

【0039】さらに、通常のHDDと同様に、サーボ情報の記録再生に使用される記録アンプ3と再生アンプ7からなるヘッドアンプ、再生信号を処理するための信号処理部8、およびヘッド位置決め制御部11を有する。

【0040】ヘッド位置決め制御部11は、ヘッド2によりディスク1から再生したサーボ情報（バーストパターン）に基づいて、VCMドライバ14を制御してヘッド2をディスク1上の目標位置に位置決め制御する。セルフサーボライト処理時には、ヘッド位置決め制御部11は、書き込み位置生成部10から位置決め用情報を入力してヘッド2の位置決め制御を行なう。

【0041】実/仮想サーボパターン記憶部6は、実際にHDDがデータの記録再生時にヘッド2を位置決め制御するための実サーボパターン（サーボ情報SD）と仮

想サーボパターン（仮想サーボ情報SP）を格納している。

【0042】サーボ情報SDは、図10に示すように、大別してシリンダアドレスコード、セクタ／インデックスパターン、等の隣接トラック間で連続するパターンSとバーストパターンA～Dからなる。バーストパターンA～Dは、ヘッド2をトラック中心に位置決め制御するための位置情報を生成するためのサーボパターンである。

【0043】サーボパターン生成部4は、記録タイミング生成部5からの記録タイミング信号に同期して、実サーボパターンSDまたは仮想サーボパターンSPに対応する記録信号を記録アンプ3に出力する。記録アンプ3は記録信号を増幅してヘッド2に出力する。これにより、ヘッド2は、実サーボパターンSDまたは仮想サーボパターンSPをディスク1上に書き込む。

（プリサーボ情報）本実施例では、図9に示すように、ディスク1上の例えば外周側に、予めプリサーボ情報PSが、1トラック当たり所定数（m1）個記録されている。プリサーボ情報PSの内容は、図10に示すように、実サーボ情報SDと仮想サーボ情報SPがトラック

$$m1 \geq Fpp \times 60 / rpm \quad (rpm: \text{モータ回転数}) \cdots (1)$$

また、m1個からなる各プリサーボ情報PSは、その振幅値検出が可能なm2個からなる信号で構成されている。さらに、プリサーボ情報を含む連続したトラック数ntは、HDDのトラックピッチが正確に測定できる2トラック以上（前記のように実際には3トラック分）であり、装置仕様、あるいは、全トラック数naの1/10以下である。また、プリサーボ情報PSの連続したトラック数ntは、ディスク1の数箇所に渡って書き込まれていてもよい。（送り位置決めピッチ量の測定方法）前記のように、プリサーボ情報PSは、ディスク1の一部のトラックnt本分に書き込まれていれば良く、ここでは便宜的に最外周位置に書き込まれていると想定する。

【0047】図3は、プリサーボ情報PSに含まれる位置決めバースト信号（A～D）とヘッド2の位置との関係、及びオフトラック時のバースト信号振幅と位置情報との関係を示している。

【0048】ヘッド2は、図1に示すヘッド位置決め制御部11により、バースト信号のA信号とB信号の各信号振幅が等しくなる位置でオントラック状態となる。この状態において、ヘッド位置決め制御部11はオフトラック電圧印加手段により電圧を印加しながら、ヘッド位置を移動させる。この時、トラックピッチ算出部9cはオフトラック電圧とプリサーボ情報PSの信号振幅との関係を測定し、メモリ9dに格納する。これにより、1トラックピッチはX-Y間に相当し、ヘッド幅は位置情報が飽和する直前までであることから、それぞれの相当する距離を移動させるオフトラック電圧Vtp、Vwを

の1周に渡って記録されているサーボ情報全体を意味するとする。

【0044】プリサーボ情報PSは、図10に示すように、バーストA、Bの境界をトラック中心とした場合に、通常では最低3トラック分のトラック数に記録されている。プリサーボ情報PSの仮想サーボ情報SPは、例えば2相のパターンPa、Pbからなり、ヘッド2のヘッド幅で千鳥状に記録されている。

【0045】図10に示すセクタはHDDの仕様に従って設定されている。1セクタ中の仮想サーボ情報SPの千鳥状の各パターンPa、Pbの繰返しは、サーボ情報の書き込み時に必要なサンプル数により設定される。

【0046】プリサーボ情報PSは、ディスク1をHDDに組み込む前段階で高精度に書き込まれて、ヘッド2により再生可能な情報である。このとき、プリサーボ情報PSは、HDDを使用する上で発生するスピンドルモータ回転非同期振動周波数Fnrr、及び、その他の振動周波数Fetc以上の周波数であって、前記振動周波数成分を十分吸収できるサンプリング周波数Fppを満足できるm1個から構成されており、以下の式にて関係付けられる。

得る。即ち、Vtpはトラックピッチ幅に相当し、Vwはヘッド幅（実トラック幅）に相当する。

【0049】次に、前記方法により得たオフトラック電圧から、送り位置決めピッチ量を算出する。送り位置決めピッチは、本実施例においては半トラックピッチ幅に相当するため、トラックピッチマージンVmを、 $Vm < Vw/2$ の関係を満たす条件下において、「 $Vm = (Vtp - Vw) / 2$ 」により算出する。

【0050】これにより、オントラック位置からVmだけオフトラックさせた時の振幅値S（Vm）が、ある信号位置に対してヘッド2が右側エッジにある場合の送り位置決め振幅値である。また、 $-S(-Vm)$ がヘッド2が左側エッジにある場合の送り位置決め振幅値である。この場合、再生振幅値に対象性のある磁気ヘッドにおいては、 $S(Vm) = -S(-Vm)$ が成立する（図5（A）を参照）。

【0051】この送り位置決め振幅値（±S）を送り位置決めピッチ量として、メモリ9dに記憶し、仮想位置決め情報を用いて磁気ヘッドを送り位置決め制御する場合に前記メモリの内容と参照することにより位置決め制御する。

（サーボ情報の書き込み手順）前述の測定方法により得られた送り位置決めピッチ量に基づいて、ヘッド2の位置決め制御を行なって、ディスク1のサーボエリアにサーボ情報（サーボパターン）を書込むプロセスを図4を参照して説明する。

【0052】本実施例では、プリサーボ情報の一部をHDD仕様のサーボ情報に含まれる位置決めバースト信号

として利用する。プリサーボ情報を使用して、最初の位置決め制御方法には以下の2種類がある。

【0053】第1として、プリサーボ情報の仮想サーボ情報を最初から利用する方法がある。即ち、図4において、サーボパターンA、B、C、D及び-2、-1、0、1で終わっているとすると、仮想パターンの信号振幅を検出し、S(-Vm)の位置で位置決めするモードに入る。この状態からヘッドを送り制御しながら、H2の位置でオントラックさせる。このときの検出信号振幅は仮想サーボ情報(1)のS(Vm)を用いる。前記オントラック状態で、実サーボ情報SDのサーボパターン(2)のライトとオーバーライトを実行し、仮想サーボ情報SPの仮想サーボパターン2を書き込む。

【0054】第2として、プリサーボ情報のサーボ情報を使用して位置決めし、仮想サーボ情報による位置決め制御モードに移行する。即ち、H0の位置でA、B相バーストパターンを使用してオントラックし、この状態から仮想サーボ情報による位置決め制御モードに移行する。移行後は、仮想サーボパターン1の信号を検出し、H2の位置でオントラックさせる。この後、実サーボ情報SDのサーボパターン(2)のライトとオーバーライトを実行し、仮想サーボ情報SPの仮想サーボパターン2を書き込む。

【0055】この過程を繰り返すことにより、現在の仮想サーボパターンに基づいてヘッド2を位置決め制御し、次のトラックの実サーボ情報SDのサーボパターンを書き込む(図5(B)を参照)。このとき、HDD仕様により定められたトラックピッチを正確に確保しながら、書き込み時に発生するスピンドルモータ回転振動成分 σ_{nrro} 、書き込み時発生不要振動成分 σ_{etc} を十分抑制しながら、最終トラック位置まで書き込む。

【0056】さらに、図1と図11乃至図13を参照して、前記のサーボ情報の書き込み手順について詳細に説明する。ここで、前述の測定方法により、図1に示す学習記憶部9では、ディスク1上に記録されたプリサーボ情報に基づいて、トラックピッチ算出部9cが算出した送り位置決めピッチ量(トラックピッチ量)をメモリ9dに格納している。

【0057】図11において、まず、プリサーボ情報のバーストパターンを利用して、ヘッドのセンタをトラックN3に移動させて位置決めする。この後から、図1に示す書き込み位置生成部10はメモリに格納されたトラックピッチ量に基づいて、ヘッド2の位置決め位置をヘッド位置決め制御部11に与える。

【0058】ヘッド位置決め制御部11は、ヘッド2を適切な書き込み位置(図11に示すヘッド位置a)に位置決め制御する。このとき、ヘッド2はトラックN4とP0で挟まれた部分の仮想サーボパターンPa4の信号を再生する。ヘッド位置決め制御部11は、このヘッド2の再生出力とメモリ9dに格納されたトラックピッチ量

とを比較しながら、前記の位置決め制御を実行する。

【0059】次に、ヘッド位置aにおいて、ヘッド2は図1に示す記録タイミング生成部5から出力されるパターン書き込みタイミングに同期して、サーボパターン生成部4から出力されるサーボパターンを書込む。書込まれるサーボパターンは、図11に示すように、隣接トラック間で位相が一致すべきパターンS0、各バーストパターンの中でA0、D0、および仮想サーボパターンPB0である。

【0060】また、位置決め制御を実行している期間中は、サーボパターンを記録することはできないので、ヘッド位置決め制御部11はヘッド2により再生される仮想サーボパターンPa4-1に基づいて位置決めする。この後、連続して仮想サーボパターンPB0-2を書込む。

【0061】同様にして、再生した仮想サーボパターンPa4-2に基づいてヘッド2を位置決めし、続いて仮想サーボパターンPB0-3を書込む。このような仮想サーボパターンの再生と書き込みのシーケンスにより、1トラック分のサーボパターンと仮想サーボパターンを書込むことが可能となる。

【0062】次に、前記のように記録した仮想サーボパターンPB0を使用して、次のトラックのサーボパターンを書込み手順について説明する。前段階において、ヘッド2は図11に示すヘッド位置aに位置決めされている。この状態において、P0EとP1で挟まれた部分で、前記の仮想サーボパターンPB0の再生出力を使用して、ヘッド2をヘッド位置bに位置決めする。この位置決め方法は前のトラックの場合と同様である。

【0063】このヘッド位置bにおいて、ヘッド2は実サーボ情報SDのサーボパターンS1、A1、C1を記録する。このとき、前に記録したサーボパターンD0の中で、P0EとP1で挟まれた部分を消去する。さらに、仮想サーボパターンPA1を図11に示すPB0との位置関係で記録する。この場合も、再生、位置決め、記録のシーケンスも前記と同様である。

【0064】同様の手順により、ヘッド2をヘッド位置cに位置決めし、サーボパターンS2、B2、C2、PB2を記録する。このとき、前に記録したサーボパターンA1の中で、PE1とP2で挟まれた部分を消去する。

【0065】さらに、ヘッド2をヘッド位置d、eに対しても同様の処理を実行し、実サーボ情報SDのサーボパターンS0~S4、A0とA1、B2とB3、C1とC2を記録する。D3とD4の部分に、バースト信号Dの一部が記録される。即ち、サーボパターンD4から図示しないP5とP4Eとの間に挟まれる部分を、次のプロセスで消去すると、実サーボ情報SDのバーストパターンD4となる。

【0066】このような過程を繰り返すことにより、H

DDが必要とする実サーボ情報SDと仮想サーボ情報SPがディスク1の全トラックに渡って記録される。しかも、所定のトラックピッチを保った状態で記録することができる。図12は全トラックに渡って、実サーボ情報SDと仮想サーボ情報SPが記録された状態を示す。

【0067】図13はサーボ情報の記録が終了した後に、HDDが実際に動作するときに、ディスク1で使用するサーボ情報（サーボゾーン）とユーザデータ（データゾーン）との関係を示す。

【0068】図13では、ヘッド2がトラックN3に位置決めされて、データを再生している状態である。前述のサーボ情報の書き込み時に、データゾーンに記録された仮想サーボ情報は、ユーザデータをオーバーライトすることにより消去される。したがって、実際のデータの記録再生動作には仮想サーボ情報が影響を及ぼすようなことはない。また、オーバーライトされないで、データゾーンに残っている仮想サーボ情報はサーボゾーンの範囲外にあるため、サーボ情報に基づいて実行されるヘッドの位置決め制御動作にも影響を及ぼすようなことはない。

（仮想サーボ情報の設定方法）ところで、図9を参照して説明したプリサーボ情報PSにおいて、仮想サーボ情報は1トラック当たり所定数（m1）個記録されている。この仮想サーボ情報の数Mの設定方法は、S/N改善前において所用サーボ帯域を満足する仮想サーボ情報数をM1個とし、S/N改善に必要な仮想サーボ情報数

$$\begin{aligned} SN(ON) &= 20 \log (S_{on}/N_{on}) \\ &= 20 \log (S_{on}/\sqrt{(N_{sys}^2 + N_m^2)}) \end{aligned}$$

$$S_{off} = S_{on} \times T_{off}/T_{on}$$

$$N_{off} = \sqrt{(N_{sys}^2 + N_m^2 \times T_{off}/T_{on})}$$

とすると、

$$SN(OFF) = 20 \log (S_{off}/N_{off})$$

仮想位置決め位置においてS/Nを改善するため、仮想位置決め情報係数kは、

以下の式に従う。

$$k = 10^{(SN(ON)/20) - (SN(OFF)/20)}$$

(2)

【0072】また、トラック一周に渡り全ての仮想サーボ情報を書き込んだ場合に、その仮想サーボ情報数をmaspとすると、前記(1)、(2)式により、仮想サ

$$K \times M1 \leq M \leq masp \dots (3)$$

$$F_{ss} = M \times rpm / 60 \text{ (rpm: モータ回転数)} \dots (4)$$

本実施例では、送り位置決め位置にて位置決め制御しながら、次のトラックのサーボ情報を書き込むことができ、その時のサンプリング周波数Fssを前記(4)式に示すように、HDDを実際に使用する上で必要なサーボ情報を得るサンプリング周波数Fsrより高いサンプリング周波数で位置決めすることが可能である。

【0073】したがって、従来のサーボライタを使用し

の係数をKとすると、仮想サーボ情報の総数は $M \geq K \times M1$ に設定する。最終的な仮想サーボ情報をサンプリングする周波数Fssは「 $F_{ss} = F_{pp} \times K$ 」に相当することになる。ここで、Fppは実サーボ情報をサンプリングする周波数Fsvより追従特性を上げた周波数であり、またFssはS/N改善をした周波数である。

【0069】このM個の仮想サーボ情報をサンプリングし、K個分の平均値を求めて位置誤差情報を得ることにより、ヘッド2の位置決め制御時のサーボ帯域をHDD仕様の帯域より拡大し、S/Nを改善して、頑強な送り位置決め制御を行い、信号品質の優れたサーボ情報を書き込む。

【0070】前記仮想サーボ情報数M1はσnrro、σetcを抑制できる前記(1)式に従い、S/N改善係数Kを以下のように設定する。位置決め検出精度をあげるため、HDD仕様のサーボ情報を磁気ヘッドの全幅で再生しているときの信号S/N比をSN(ON)、その時の再生トラック幅Ton、仮想位置決め位置において前記サーボ情報をヘッド2で再生しているとしたときのS/NをSN(OFF)、その時の再生トラック幅をToffとするとし、システムノイズをNsys、メディアノイズをNmとした時、各S/Nは以下ようになる。

【0071】

【数1】

ーボ情報数Mは(3)式で与えられ、その時のサンプリング周波数Fssは(4)式を満足する。

たときに問題となるようなサーボ情報に含まれるサーボ情報の書き込み時のスピンドルモータ回転振動周波数成分Fnrrroや、サーボ情報の書き込み時に発生する不要振動周波数成分、環境の振動成分Fetcに対し十分抑圧可能となる。従って、本発明のセルフサーボライト機能により、等価的にFsr以上のサンプリング周波数を使って、仮想サーボ情報を利用した送り位置決め制御状

態でサーボ情報が書き込まれるため、HDDを実際に使用する上で、位置決め精度に悪影響を与える不要な振動成分がサーボ情報中に存在せず、非常に品質の優れたサーボ情報を得ることが可能となる。

【0074】また、各セクタ中に書き込まれた仮想サーボ情報は、HDDを実際に使用する場合に、プリフォーマットを施すことにより従来のHDDとなんら変更なく使用することも可能となる。

(仮想サーボ情報の書き込み順序の因果関係) 次に、サーボ情報と仮想サーボ情報の書き込み順序の因果性に関して、図6を参照して説明する。

【0075】図6において、50は1セクタ領域、51は1セクタに含まれるサーボ情報領域(サーボゾーン)、52はデータゾーンとして使用される領域であり、53は位置決めされるべきヘッド位置、54はサーボ情報の中でオーバーライトされる領域、55は仮想サーボ情報である。

【0076】1トラックにおけるセクタ数IはHDD仕様に基づき設定されているが、仮想サーボ情報数Mは前述したように任意に設定することができる。いま仮に、トラックN、セクタL番目のサーボ情報を $S_s(N, L)$ 、また、トラックN、セクタLに含まれる仮想サーボ情報をZとすると、偶数トラックの仮想位置決め情報を $S_e(N, L, Z)$ 、奇数トラックの仮想サーボ情報を $S_o(N, L, Z)$ とし、1トラックにセクタ数は0から1個、1セクタに仮想サーボ情報は0からM-1個とする。

【0077】まず、Nトラック位置のサーボ情報と仮想サーボ情報が書き込まれていると仮定すると、ヘッド2は $N+1$ トラック位置に送り位置決めされるが、この時、 $S_o(N+1, L, Z)$ の仮想サーボ情報は $S_e(N, L, Z)$ 情報を最終位置決め情報として位置決めされた後に書き込まれる。

【0078】次に、 $S_e(N+2, L, Z)$ 情報は、 $Z=0$ の時は、 $S_o(N+1, L-1, Z)$ を最終サーボ情報として位置決めされた後に、また、 $Z \geq 1$ においては、 $S_o(N+1, L, Z-1)$ を最終サーボ情報として位置決めされた後に書き込まれる。

【0079】続いて、サーボ情報 $S_s(N+1, L)$ の書き込みは $S(e \text{ or } o)(N+1, L-1, Z)$ が最終サーボ情報となる。また、任意のセクタに属するサーボ情報と仮想サーボ情報を書込むため、前記セクタの直前のセクタに属する仮想サーボ情報のいくつかを最終サーボ情報としてもよい。

【0080】このように次の送り位置決め位置にて書き込むべき仮想サーボ情報は、前の送り位置決めで参照している仮想サーボ情報と時間的にずらしたタイミングで書き込むことにより、送り位置決め制御しながらサーボ情報等の書き込みが可能となり、非常に効率の優れたサーボ情報の書き込みを行うことができる。

(サーボ情報の書き込みタイミング) 次に、サーボ情報の書き込み(記録)タイミングについて、図1に示す記録タイミング補正部9aと記録タイミング生成部5の動作に関連して、図7を参照して説明する。

【0081】図7は、任意の送り位置決め位置にて、仮想サーボ情報から位相同期手段を介して得られたクロック信号を用いて、前記送り位置決め位置にて仮想サーボ情報を書込む際のタイミングについて説明する図である。

【0082】90、92は任意の仮想サーボ情報に設けられているインデックスであり、91、93は仮想位置決めに使用するバーストパターンでそれぞれ奇数トラック用、偶数トラック用である。94は90より2値化したインデックスパルスであり、95は位相同期手段による位相引き込みゲート、96は位相ロック信号、97は91の仮想サーボ情報の終了信号、98はライトゲート、99、100は次トラックの仮想サーボ情報のインデックス情報とバーストパターンである。

【0083】図7において、隣接トラックにおいて必ず位相を揃える必要のある情報はインデックス部になる。まず、N番トラックの仮想サーボ情報が書き込まれていたとすると、ヘッド2はバーストパターン91、93を元に、次の送り位置決め位置に位置決めされる。

【0084】この時、インデックスパルス94を基準にして、位相引き込みゲート95が開けられ仮想サーボ情報91に対して位相引き込みが開始される。位相引き込みが終了すると、位相ロック信号96が送出されて、書き込みタイミング信号の位相が前記仮想サーボ情報と正確に一致する。

【0085】この後、仮想サーボ情報のパルスカウンタアップ信号が送出されると、前記位相ロックされた書き込みタイミング信号を、予め設定された数だけカウントし、ライトゲート98を送出する。

【0086】ライトゲート98は、図7に示すようにZ番目の仮想サーボ情報の書き込まれる位置に開けられ、その位置において $N+1$ トラックの仮想サーボ情報のインデックス部99とバーストパターン100が書き込まれる。

【0087】このようにして仮想サーボ情報から書き込みタイミングを生成し、次のトラックのZ番目の仮想サーボ情報を書込むことにより、スピンドルモータを2回転させることによって1周全セクタの仮想サーボ情報を書き込むことができる。

【0088】次に、図1の記録タイミング補正部9aについて説明する。前記書き込みタイミングに従い、送り位置決め位置にてサーボ情報と仮想サーボ情報を書込むが、ヘッドと回路系により情報の書き込みを行った際に発生する書き込みタイミング誤差が発生する。

【0089】図8は、書き込みタイミング誤差を補正する記録タイミング補正部9aについて説明する図であ

る。まず、プリサーボ情報 P S を利用し、ヘッド 2 を位置 H 1 でオントラックさせる。この後、記録タイミング生成部 5 により、プリサーボ情報 P S に適用して、書き込みタイミング信号に同期して基準信号を書込む。

【0090】次に、ヘッドを位置 H 2 にオントラックして前記書き込みタイミング信号に同期し、任意の時間遅れ T d の後に前記基準信号と同じ周波数で被測定用信号を書き込む。この後、ヘッドを位置 H 0 にオントラックして前記基準信号と被測定信号との境界部で両信号の振幅値を測定する。

【0091】前記測定過程を時間遅れ T d を変えながら繰り返し実行して、位置 H 0 での信号振幅が最大になる時の時間遅れ T d を導く。こうして得られた時間遅れ T d は書き込み（記録）タイミング補正量として、サーボ情報の書き込み時に書き込みタイミングを補正することになる。

【0092】以上のようにして、基準信号用ヘッドとして、HDD 自身のヘッド 2 を用いることができるので基準信号用の固定ヘッドが不要となり、高精度に隣接トラック間で位相を揃えることが可能となる。なお、本実施例では仮想サーボ情報の中で、インデックス部を揃えることについて説明したが、サーボ情報中のアドレスコード等の ID 情報のトラック方向の位相を揃えることにも適用することが可能である。

【0093】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、セルフサーボライト方式を実現できることにより、サーボ情報書き込み専用のサーボライタ等を使用する方式の問題点を解消することができる。即ち、サーボ情報の書き込み時に、サーボライタ等に起因する起振源がなく、またサーボライタと装置相互間に発生する励振力もなく、さらにスピンドルモータ回転振動成分の影響もないため、特別のサーボ情報書き込み環境を確保する必要がない。さらに、サーボライタ等のために、装置本体に切り欠き窓等も不要にすることができるため、粉塵の混入などを防止することができる。したがって、結果的に高密度かつ高品質のサーボ情報を効率的にディスクに記録することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施例に係わるディスク記録再生装置の要部を示すブロック図。

【図 2】本実施例に係わるディスク記録再生装置の外観を示す斜視図。

【図 3】本実施例に係わるプリサーボ情報を説明するための概念図。

【図 4】本実施例に係わるセルフサーボライト動作を説明するための概念図。

【図 5】本実施例に係わるセルフサーボライト動作を説明するためのフローチャート。

【図 6】本実施例に係わる仮想サーボ情報の書き込み順序の因果関係を説明するための概念図。

【図 7】本実施例に係わるサーボ情報の書き込みタイミングを説明するためのタイミングチャート。

【図 8】本実施例に係わる書き込みタイミング補正を説明するための図。

【図 9】本実施例に係わるプリサーボ情報を説明するための概念図。

【図 10】本実施例に係わるセルフサーボライト動作を説明するための概念図。

【図 11】本実施例に係わるセルフサーボライト動作を説明するための概念図。

【図 12】本実施例に係わるセルフサーボライト動作を説明するための概念図。

【図 13】本実施例に係わるセルフサーボライト動作を説明するための概念図。

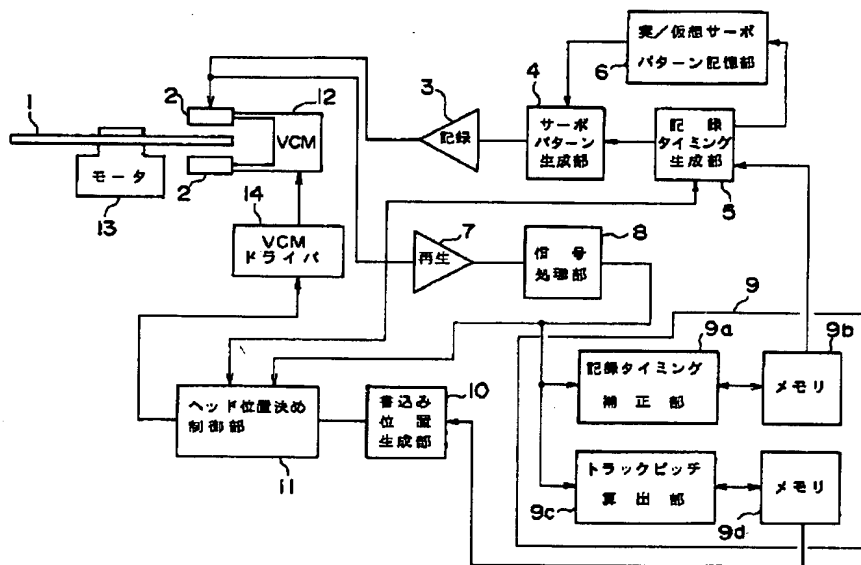
【図 14】従来のディスク記録再生装置とサーボライタの外観を示す図。

【図 15】従来のサーボ情報の書き込み動作を説明するための概念図。

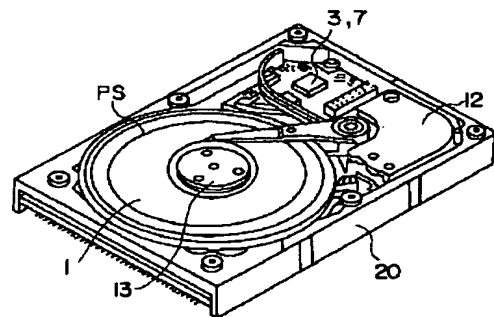
【符号の説明】

1…ディスク、2…ヘッド、3…記録アンプ、4…サーボパターン生成部、5…記録タイミング生成部、6…実／仮想サーボパターン記憶部、7…再生アンプ、8…信号処理部、9…学習記憶部、9 a…記録タイミング補正部、9 b、9 d…メモリ、9 c…トラックピッチ算出部、10…書き込み位置生成部、11…ヘッド位置決め制御部。

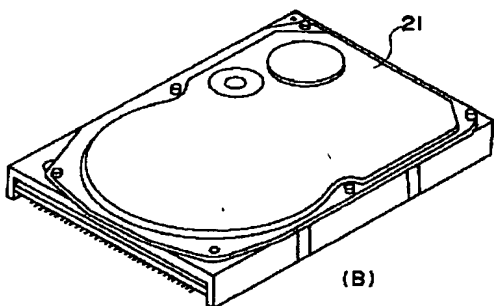
【図 1】



【図 2】

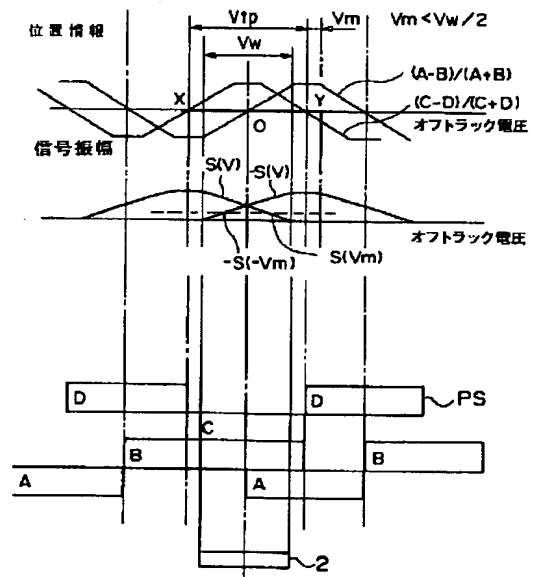


(A)

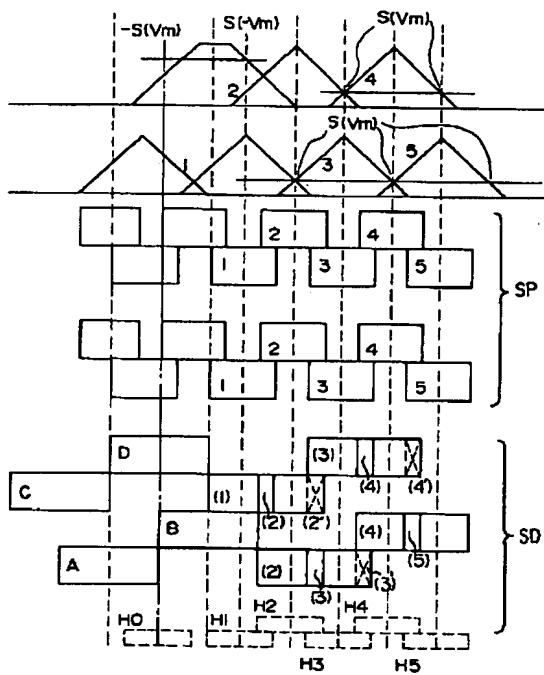


(B)

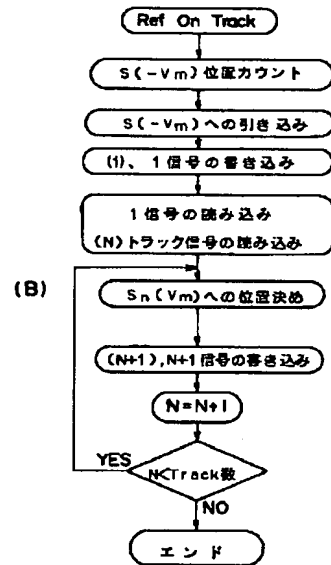
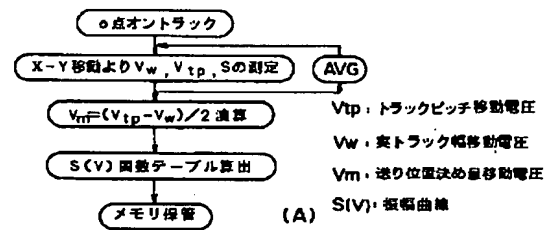
【図 3】



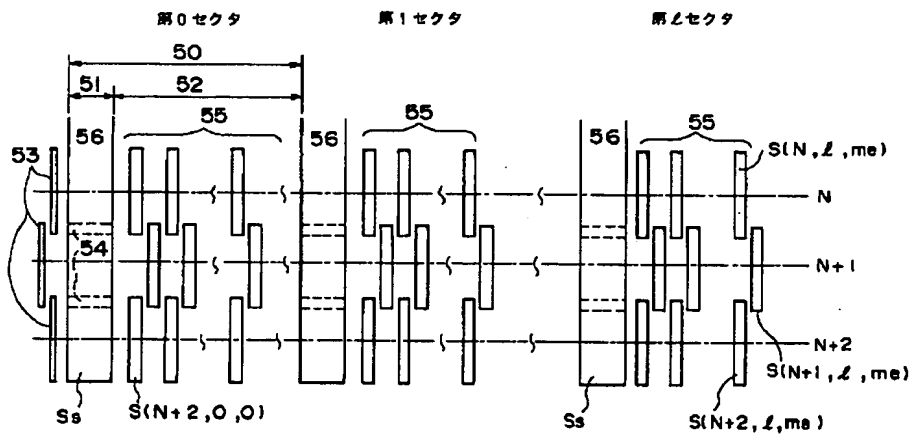
【図 4】



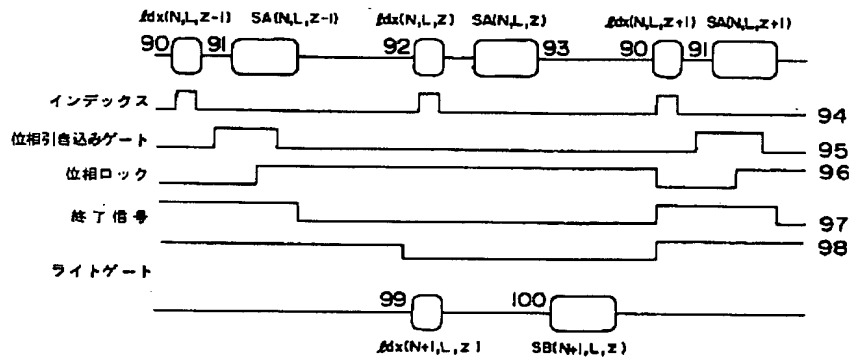
【図 5】



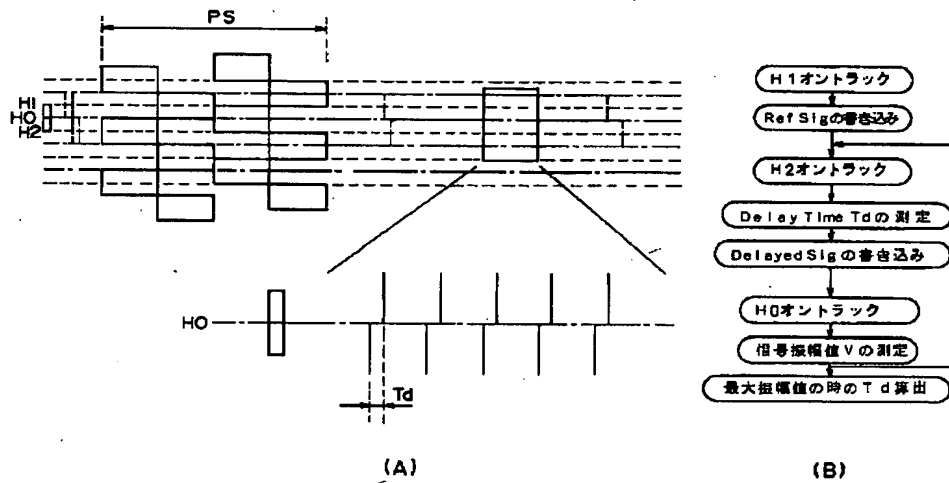
【図 6】



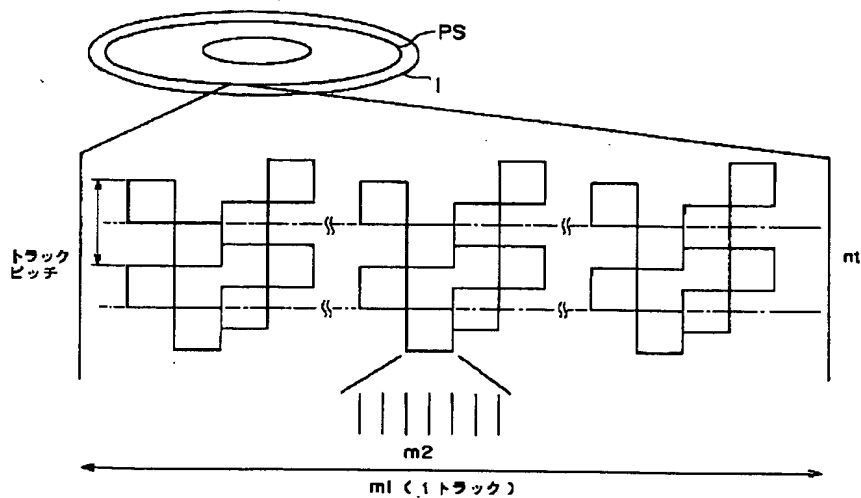
【図 7】



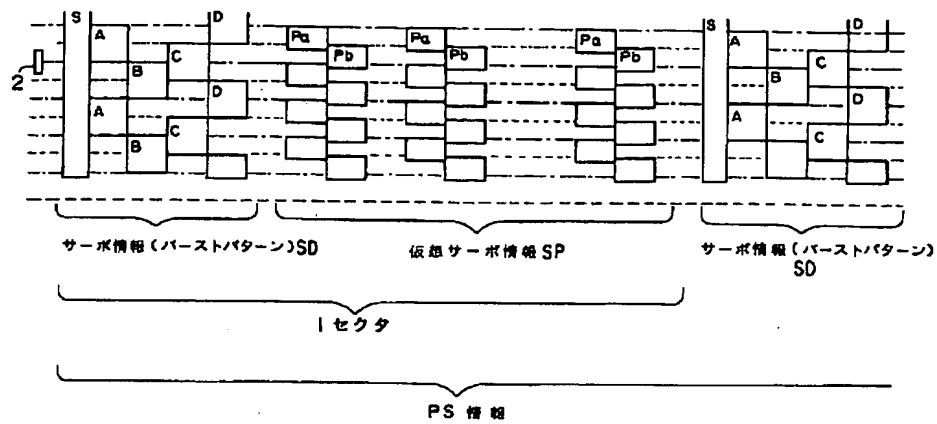
【図 8】



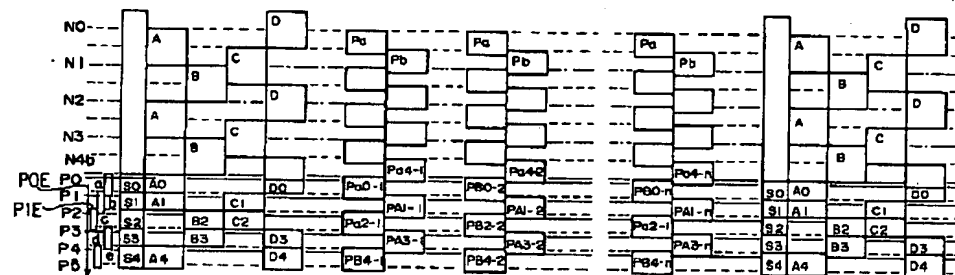
【図 9】



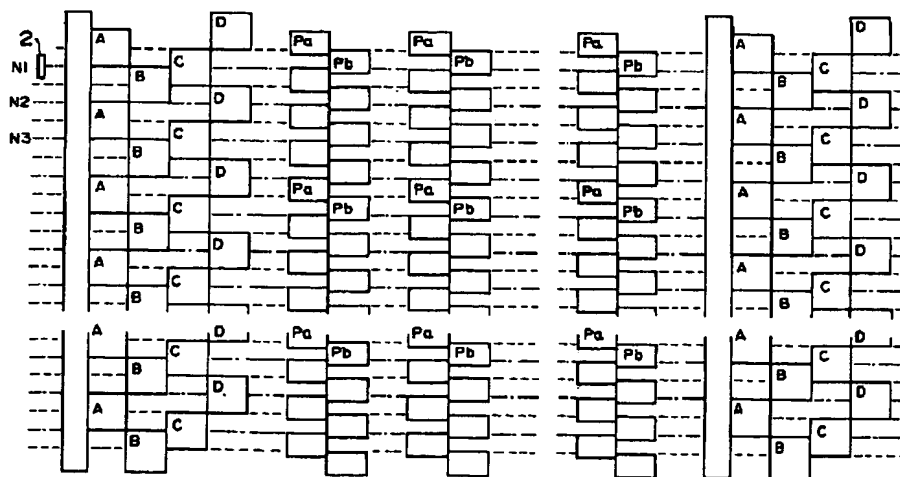
【図 10】



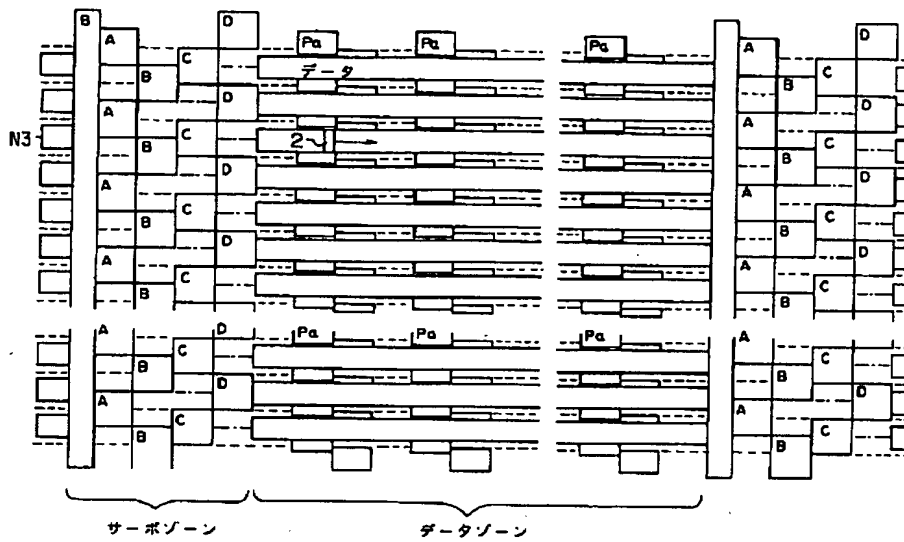
【図 11】



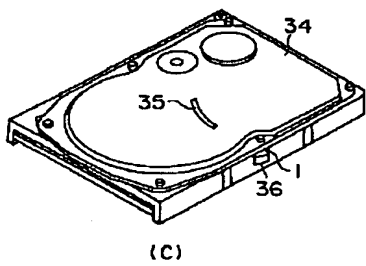
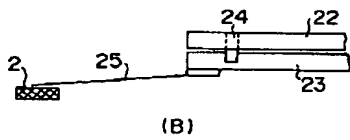
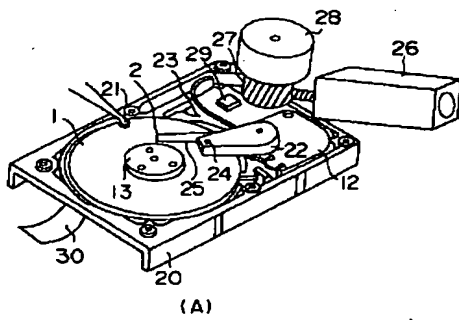
【図 12】



【図 13】



【図 14】



【図 15】

